from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biolog

Über die Stärkebildung in den Keimblättern der Kresse, des Rettigs und des Leins.

Von **Jos. Boehm**,
Professor an der Universität und in Mariabrunn bei Wien.

(Vorgelegt in der Sitzung am 12. März 1874.)

Beim Studium der Wirkung des Kerasinlichtes auf *Spirogyra orthospira* Narz. kam Famintzin zu einem sehr überraschenden Resultate, welches der genannte Forscher mit folgenden Worten beschreibt: „Wenn man *Spirogyra*-Zellen, die im Dunkeln ihren ganzen Stärkevorrath eingebüsst haben, wieder ans Licht bringt, so erzeugt sich in den Chlorophyllbändern binnen kurzer Zeit aufs Neue Stärke. Es genügt, die *Spirogyra*-fäden eine halbe Stunde lang zu beleuchten, um in den Zellen Stärke zu erzeugen. Binnen 24 Stunden waren die Chlorophyllbänder mit Stärke ganz gefüllt. Die Erzeugung von Stärkemehl geht nur unter dem vollen Lampenlichte und im gelben vor sich; unter dem blauen dagegen wird nicht nur keine Stärke gebildet, sondern die schon vorhandene wird wie im Dunkeln aufgelöst [1].“ Kraus [2] bemerkt zu diesem Citate in seiner Abhandlung über den Einfluss des Lichtes und der Wärme auf die Stärke-Erzeugung: „Diese Thatsachen sind so merkwürdig und zum Theile so unerwartet, dass sie zu einer neuen und allseitigen Aufnahme der Versuche lebhaft auffordern.“

Kraus machte seine Beobachtungen bei *Spirogyra*, *Funaria hygrometica*, *Elodea canadensis*, *Lepidium sativum* (Keimblätter) und *Betula alba*. Die Chlorophyllkörner von *Spirogyra*, *Funaria* und *Elodea* wurden durch Abschluss der Pflanzen vom Lichte entstärkt. Da hiedurch aber das Chlorophyll sichtliche

---

[1] Famintzin in Mel. biol. tom. V. p. 528, 1865—1866 und Pringsh. Jahrb. für wissensch. Botanik, 6. Bd. p. 31; 1867.

[2] Kraus in Pringsh. Jahrb. 7. Bd. p. 511.

from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biolog

Veränderungen erleidet, und man voraussetzen muss, dass unter solchen Umständen auch die Function desselben allmälig leide, so hat Kraus versucht „auf einem anderen Wege möglichst normales, stärkefreies Chlorophyll zu erhalten. Wenn man Samen oder die Winterknospen unserer Bäume in einem sehr mässigen Lichte, (nach Sachs) an der hinteren Wand eines Zimmers, sich entwickeln lässt, so geschieht diese Entwicklung anfangs ganz normal, die jungen Blättchen wachsen und werden sattgrün, bleiben aber später unbeweglich auf einer gewissen Entwicklungsstufe stehen, und gehen bei längerem Verweilen an Ort und Stelle zu Grunde. Solche Blättchen enthalten schöne, normale Chlorophyllkörner, aber nie die leiseste Spur von Amylum in denselben. Nimmt man diese gleich nach ihrer Entfaltung zum Versuche, so hat man ein normales, nicht im mindesten verändertes Chlorophyll. Auf diese Weise habe ich (Kraus) Cotyledonen von der Kresse und junge Laubblätter der Birke durchaus stärkefrei und lebenskräftig gezogen, in den Resultaten jedoch keinen wesentlichen Unterschied dem auf die erste Art hergestellten Material gegenüber gefunden.“ L. c. p. 513.

Kraus beschreibt seine diesbezüglichen Versuche mit *Lepidium sativum* in folgender Weise:

„Es wurden drei gleiche Töpfe mit Kresse besät und an der hinteren Wand eines geheizten Zimmers aufgestellt, wo die Samen nach 6 Tagen keimten, grüne Cotyledonen und lange hypocotyle Glieder machten. Nach 6 weiteren Tagen waren die Cotyledonen um nichts gewachsen, enthielten auch keine Spur Stärke [1] und nur Spuren von Öl.

„Die Töpfe wurden jetzt in drei verschiedene Zimmer vertheilt, welche die unten angeführte Temperatur besassen, unmittelbar an ein Nordfenster derselben gestellt, und zu verschiedenen Zeiten untersucht. Sie ergaben:

[1] Stärke fand sich nur in den Spaltöffnungszellen und in der Stärkescheide des Blattstieles (nicht sonst).

from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biolog

Nach Stunden	Bei 12·8—13·7°	Bei 5·9—6·5°	Bei 0·3—0·4°
2	Die ersten Stärkekörner in dem Chlorophyll des Randparenchyms	Keine Stärke	Keine Stärke
3	In der ganzen Spitze des Blattes, dem Rande des Blattes und Blattstieles Stärke	Am Rande der Blättchen die ersten Spuren	„
5	In der ganzen oberen Hälfte des Blattes Stärke.	Spitze und ein breiter Rand des Blattes stärkeerfüllt	„
13	Die ganzen Blätter stärkehältig	Rand reichlich, die Fläche spärlich	„

„Die Pflanzen im Raume von 0·3—0·5° verweilten daselbst noch 6 Tage, und es stieg während dieser Zeit die Temperatur auf 1°, ohne dass sie eine Spur Stärke erzeugt hätten; in ein Zimmer von 13° gebracht, bildeten sie binnen $1^1/_2$ Stunden am Nordfenster an Rand und Spitze sehr schöne Stärkekörnchen."

Ein fernerer Versuch ergab:

Nach Stunden	Bei 4·0—5·0°	Bei 2·5—3·1°
3	Stärke im Rande und Spitze des Blattes	Sehr wenig Stärke in Rand und Spitze
$6^1/_2$	Das ganze Blatt enthält Stärke	Die Ränder enthalten reichlich Stärke

Weiter sagt Kraus:

„So merkwürdig schon an sich diese Resultate sind, so würden dieselben von der allerhöchsten Bedeutung sein, wenn man die im Chlorophyll auftretenden Stärkekörner nicht für Abkömmlinge irgend eines im Blatte oder sonst bereits vorhandenen organischen Körpers, etwa eines flüssigen Kohlenhydrates, sondern für an Ort und Stelle durch das Zusammentreten anorganischer Substanzen erzeugtes Assimiliationsproduct halten dürfte.

from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biolog

„Meine Versuche sind mehrfach in der Weise angestellt, dass eine andere Ansicht als die letztere ausgeschlossen erscheint. Ich habe mich bei sämmtlichem Materiale vor dem Versuche durch die Trommer'sche Probe von der Abwesenheit des Zuckers in den chlorophyllhaltigen Theilen überzeugt, so dass von der Umbildung eines im Blatte befindlichen Zuckers nicht die Rede sein kann. Bei *Lepidium* habe ich grosse Stärkekörner in einigen Stunden in jedem Chlorophyllkorn von Pflanzen auftreten gesehen, in denen nur Spuren von Öl, geschweige Stärke oder Zucker vorhanden waren...

„Der directe Beweis aber für diese im Chlorophyll auf tretende Stärke als Assimilationsproduct wird durch Gewichtsversuche gebracht: wenn sich nachweisen lässt, dass, während im Chlorophyll Stärke auftritt, die betreffenden Theile an Trockensubstanz beträchtlich zunehmen.

„Ich habe zu diesem Behufe Samen von Kressen und Lein in reinem Quarzsande (der vorher in Salzsäure gekocht und dann im destillirten Wasser gewaschen worden war) an der Hinterwand eines Zimmers wachsen lassen, wo nach den früheren Versuchen keine Spur Stärke gebildet wird, das Chlorophyll aber schön ergrünt. Die Pflänzchen wurden mit reinem Wasser begossen, nahmen nie an Gewicht zu und gingen stets nach einer Woche ein.

„Von solchen wurden mehrere Tage nach der Keimung gewöhnlich 30 Cotyledonenpaare sammt ihren Stielen frisch gewogen, bei 100° bis zu nicht weiterer Gewichtsabnahme im Luftbade getrocknet und das Durchschnittsgewicht bestimmt. Ein weiterer Topf wurde, nachdem die vollständige Abwesenheit von Stärke constatirt war, in's Sonnen- oder diffuse Tageslicht gesetzt und die Zeit wahrgenommen, wo das Blatt reichlich in der ganzen Fläche Stärkemehl gebildet hatte. Am Sonnenlichte geschah dies nach 3, im diffusen Lichte nach 6, 8—12 Stunden; die Cotylen färbten sich dann blauschwarz mit Jod.

„Jetzt wurde die gleiche Anzahl Cotyledonen frisch und trocken gewogen. Es ergab sich stets eine absolute und Trockengewichtszunahme um viele Procente."

Es wurden im Ganzen sieben solcher Versuchsreihen, eine mit Lein- und sechs mit Kressepflänzchen gemacht, welche aus

from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biolog

in Quarzsand gesäten Samen gezogen wurden. Die Samen keimten bei einer mittleren Temperatur von 18° binnen 2 Tagen. Die Pflänzchen befanden sich nach weiteren 2 Tagen an der Hinterwand des Zimmers, noch in der halbgeknickten Knospenlage, aber vollständig ergrünt. Sie enthielten nach Kraus' Angabe keine Spur von Stärke. Bei einem dieser Versuche mit 30 Cotyledonenpaaren der Kresse hatte eine absolute Trockengewichtszunahme von 4·5 Milligramme (21·5%) stattgefunden.

Kraus bemerkt gegen den Schluss seiner Abhandlung:

„Die in so überaus kurzer Zeit gebildete Stärke des Chlorophylls ist demnach ohne Zweifel ein Assimilationsproduct desselben. Vielleicht sind nun meine Leser ebenso erstaunt als ich es gewesen bin." L. c. p. 520.

In meiner Abhandlung über die Respiration von Landpflanzen [1] fand ich mich veranlasst, die von Famintzin gemachte und von Kraus bestätigte und erweiterte Entdeckung zu berühren. Es geschah dies mit folgenden Worten:

„Famintzin hat beobachtet, dass in einer entstärkten *Spirogyra orthospira* bei Lampenbeleuchtung schon nach 30 Minuten Amylumbildung erfolgte. Über die Amylumbildung in Pflanzen mit stärkefreiem Chlorophyll hat auch Kraus sehr interessante Beobachtungen gemacht. Kraus fand nämlich, dass solche Pflanzen in einem durch eine Lösung von doppeltchromsauren Kali hindurchgegangenem Lichte eben so rasch und energisch Stärke erzeugen, wie im vollen Tageslichte, dass aber auch weder bei einer Temperatur von nur 3° C., noch unter Einwirkung von Licht, welches durch eine Kupferlösung des gelben und rothen Antheiles entkleidet wurde, die Stärkebildung unterbleibt. Bezüglich der Schnelligkeit der Amylumbildung in stärkeleeren grünen Pflanzen gibt Kraus an, dass bei *Spirogyra* spec. dies im directen Sonnenlichte schon nach 5 Minuten geschehe.

„Wenn man überlegt, wie wenig Kohlensäure von einem Chlorophyllkorne einer gesunden Pflanze während 5 Minuten

[1] Boehm in Sitzungsb. d. kais. Akad. d. Wissensch. 1. Abth. März-Heft. 1873.

from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biolog

oder durch $1^1/_2$ Stunden selbst unter den günstigsten Umständen zerlegt wird, dass schon bei einer Temperatur von 10° C. die Sauerstoffbildung durch insolirte *Juglans*-Blätter eine sehr träge ist, dass ferner dem durch eine hinreichend concentrirte Kupferlösung hindurchgegangenen Lichte jedenfalls nur eine sehr geringe Kohlensäure zersetzende Kraft zukommt, dass endlich das Kohlensäurequantum, welches nothwendig ist, um den Kohlenstoff für die unter den angeführten Umständen in so kurzer Zeit gebildete Stärke zu liefern, doch wohl wenigstens ein relativ [1] bedeutendes genannt werden muss, so kann man sich ungeachtet der weiteren Versuche von Kraus über die Zunahme des Trockengewichtes der Cotylen während des Versuches schwer des Zweifels entschlagen, dass in den von Famintzin und Kraus beobachteten Fällen die sichtbar gewordene Stärke von der Kohlensäure stamme, welche erst so eben von dem früher stärkeleeren Chlorophyll zerlegt wurde.

„In Anbetracht der angeführten, auf unseren factischen Kenntnissen über die Zerlegung der Kohlensäure fussenden Bedenken berechtigen die unerwarteten Versuchsresultate von Famintzin und Kraus, wie ich glauben möchte, vorläufig zu dem Schlusse: dass in den stärkeleeren Zellen, und zwar in deren Inhalte oder Wandung eine organische Substanz vorhanden sei, welche bei dem Stoffwechsel während des Lichtabschlusses oder Lichtmangels ihrer unvollständigen Assimilation wegen nicht weiter verwerthet werden konnte. Um die Form von *Amylum* anzunehmen, oder als Baustoff dienen zu können, müsste dieser hypothetische Körper noch weitere Metamorphosen erleiden, welche aber nur unter Einwirkung des Lichtes vor sich gehen könnten. Die hierzu unentbehrliche Wärme und Intensität und Qualität des Lichtes würde jedoch mit der zur Zerlegung der Kohlensäure erforderlichen nicht nothwendig zusammenfallen. Mit diesen Bemerkungen will ich jedoch durchaus nicht sagen, dass die Folgerungen von Kraus, zu denen sich dieser Forscher selbst nur mit Widerstreben durch schwer wie-

[1] Bei den Beobachtungen von Famintzin und Kraus befanden sich die Versuchsobjecte in ihren natürlichen Medien (in atmosphärischer Luft oder gewöhnlichem Wasser).

from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biolog

gende Gründe bestimmen liess, unbedingt unzulässig seien. Ich meine nur, dass, um deren Richtigkeit über alle Zweifel festzustellen, noch weitere Versuche über die thatsächliche Assimilation von Kohlensäure bei unverzüglicher Stärkebildung in amylumfreien Chlorophyllkörnern nothwendig sind. Schon im vorigen Jahre hatte ich mir diese Aufgabe auf mein Ferienprogramm gesetzt, kam aber nicht dazu, es auszuführen."

In Nr. 24 der Regensburger Flora vom 12. August 1873 (p. 378—384) veröffentlichte Godlewski eine vorläufige Mittheilung über die „Abhängigkeit der Stärkebildung in den Chlorophyllkörnern von dem Kohlensäuregehalte der Luft."

Godlewski macht seine Versuche mit Keimpflanzen von *Raphanus sativus*. Die aufgeweichten Samen wurden in gewöhnlicher Gartenerde am Fenster keimen gelassen. Die etwa acht Tage alten Pflänzchen wurden dann entstärkt (was nach Godlewski's Angabe bei der hohen Sommertemperatur schon nach 24stündigem Verweilen derselben im Dunkeln der Fall war) und mit denselben die beabsichtigten Versuche gemacht. Vordem wurden aber einige Blattstücke von jedem Topfe abgenommen und auf ihren Stärkegehalt geprüft.

Godlewski kam zu folgenden Resultaten:

1. Die entstärkten Chlorophyllkörner der Keimblätter von *Raphanus* füllen sich in 8% kohlensäurehältiger Atmosphäre auffallend schneller mit Amylum als in gewöhnlicher Luft.

2. In kohlensäurefreier Luft verschwindet die Stärke im Lichte ebenso wie in der Dunkelheit aus den Cotylen von Pflänzchen, welche im gewöhnlichen oder im ausgeglühten und mit Nährstofflösungen gesättigtem Sande gezogen wurden. Wurden dann die Töpfchen frei ans Fenster gestellt, so bildete sich von Neuem Stärke. Es konnte der Versuch beliebig oft wiederholt werden. Die Ansammlung der Stärke in den Chlorophyllkörnern können wir nur desshalb beobachten, weil die Bildung der Stärke schneller erfolgt, als deren Auflösung. — Kraus bringt in der Bot. Ztg. vom 3. Oct. 1873, p. 639 die von Godlewski aufgestellten Sätze zum Abdrucke und begleitet sie mit folgender Bemerkung: „Damit erledigen sich doch wohl die

from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biolog

Zweifel, die neulich von Boehm in einer Publication „Über die Respiration von Landpflanzen“ geäussert worden sind, und in der seltsamer Weise Ref. imputirt wird, die Stärke im Chlorophyllkorne nur mit Widerstreben als ein Assimilationsproduct erkannt zu haben [1]“.

Um über meine in obiger, wie ich wohl glauben dürfte, für Niemand verletzenden Weise ausgesprochenen Zweifel ins Klare zu kommen, habe ich im verflossenen Jahre eine Anzahl von Versuchen gemacht, bei denen ich jedoch unter einander sich sehr widersprechende Resultate erhielt, welche meine Bedenken gegen die von Kraus vertretene Ansicht nur bestärkten, mich aber doch anderseits nicht in die Lage versetzten, den verwickelt erschienenen Sachverhalt aufzuklären. Die Abhandlung von Godlewski veranlasste mich, meine Absicht, während des Wintercurses zwei bereits fertige Arbeiten [2] druckfertig zu machen, vorläufig aufzugeben, und meine mir karg genug zugemessenen freien Stunden [3] nur dem Studium obiger, für die Physiologie der Ernährung so wichtig gewordenen Frage zuzuwenden. Ich hatte dabei nur die eigene Belehrung im Auge, indem ich mich der Hoffnung hingab, meine Bedenken gegen die herrschende Ansicht unbegründet zu finden. Es war dies leider nicht der Fall. Ich sage leider, da ich aus Erfahrung weiss, wie gefährlich es für einen werden kann, mit seinen deutschen Facheollegen in wissenschaftlichen Conflict zu kommen. Und ein solcher Conflict ist bei irgend einer Meinungsverschiedenheit, selbst bei der behutsamsten Form im Ausdrucke, wie aus dem Obigen erhellt, nicht zu vermeiden.

---

[1] Der erste von Godlewski aufgestellte Satz lautet: „Ohne Kohlensäurezutritt ist keine Stärkebildung in den Chlorophyllkörnern möglich, was ja auch aus der von Sachs begründeten Anschauungsweise für die Rolle der Stärke in den Chlorophyllkörnern mit Nothwendigkeit folgt.“

[2] Die eine dieser Arbeiten hat die Zusammensetzung der Luft in den Holzpflanzen, die andere eine eigenthümliche Gährung, bei welcher Wasserstoffgas absorbirt wird, zum Gegenstande.

[3] In Folge meiner Berufung von der Handels- an die Forst-Akademie zu Mariabrunn bei Wien (mit Belassung meiner Professur an der Universität) hat die bisherige Misere wohl hoffentlich für immer ein Ende.

from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biolog

Von allen Pflanzen, an denen bisher Untersuchungen über rapide Stärkebildung in stärkefreien Chlorophyllkörnern gemacht wurden, eignen sich zu eingehenden diesbezüglichen Untersuchungen wohl am besten Keimpflanzen der Kresse, des Rettigs und des Leins, und zwar desshalb, weil man sich dieselben jederzeit und leicht nach Bedarf cultiviren kann.

Bis inclusive Juni vorigen Jahres habe ich meine Versuche mit Keimpflänzchen der Kresse gemacht, welche ich an der hinteren Wand meines nach Norden im Hofraume des Akademiegebäudes gelegenen Arbeitszimmers in kleinen Töpfchen gezogen hatte. Ich verfuhr dabei ganz so, wie Kraus und Godlewski: vor jedem speciellen Versuche wurde das eine oder andere Blättchen auf seinen Stärkegehalt geprüft. Die Resultate, welche ich erhielt, stimmten wohl häufig mit denen der genannten Forscher überein, widersprachen denselben aber eben so oft. Die Ursache hiefür lag, wie mich oft und oft wiederholte Versuche lehrten, in der Schwierigkeit, die Versuchspflänzchen bei geeigneter Beleuchtung so zu cultiviren, dass die Keimblätter wohl schön grün, deren Chlorophyllkörner aber doch sicher stärkefrei waren. Ebensowenig wollte es mir gelingen, die bereits amylumhältigen Keimblätter zu entstärken. Nicht selten gelang dies ganz leicht, öfters aber erst nach mehrtägigem Verweilen der Pflänzchen unter einem Topfe; dann aber blieben dieselben auch nach andauernder Insolation oft stärkeleer, und die Pflänzchen gingen dann, obwohl sie vorerst noch ein ganz gesundes Aussehen hatten, nicht selten endlich zu Grunde.

Diese Ergebnisse überzeugten mich, dass man mit der angewendeten Methode zu keinem entscheidenden Resultate gelangen kann. Da ich bei meinen Culturen und bei der Prüfung derselben auf Stärke immer in derselben Weise verfuhr, so konnten die sich ergebenen Widersprüche offenbar nur in der verschiedenen Beschaffenheit der untersuchten Individuen begründet sein. Diese Voraussetzung wurde auch durch den Versuch vollkommen bestätigt. Von 143 Kresspflanzen, welche ich vom 2. bis 9. November am oben bezeichneten Orte in Gartenerde gezogen hatte, färbten sich die Keimblätter von 82 Individuen, d. i. 57% mit Jod in verschiedenem Grade braun bis schwarz, wäh-

from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biolog

rend die übrigen nur sehr blassviolett tingirt oder ganz farblos erschienen. Es ist klar, dass man bei so verschiedenem Verhalten ganz gleichartig erscheinender Untersuchungsobjecte nach der bisher geübten Methode zu ganz irrigen Schlüssen geführt werden kann.

Die Ursache, warum die Cotylen der unter völlig gleichen Verhältnissen gezogenen Kressepflänzchen entweder mit Amylum überfüllt oder davon ganz frei sind, ist offenbar zunächst durch die Quelle dieser Stärke bedingt. Letztere ist entweder, der von Kraus und Godlewski vertretenen Ansicht entsprechend, ein unmittelbares Product der von den grünen Keimblättern assimilirten Kohlensäure, oder sie ist, wie ich vermuthete, ein Umwandlungsproduct von in den Cotylen bereits vorhandener Reservenahrung. Um dies zu ermitteln, habe ich eine grosse Reihe von Versuchen gemacht, deren Resultate am Ende dieser Abhandlung in übersichtlicher Form tabellarisch zusammengestellt sind. Die Schlüsse aus diesen Resultaten ergeben sich bei etwas sorgfältiger Durchsicht der Tabellen von selbst, so dass ich mich, ohne besorgen zu müssen, unklar zu werden, im Folgenden kurz fassen kann.

Die angewendete Untersuchungsmethode musste, wie aus dem Mitgetheilten klar ist, es vor Allem ermöglichen, dass sich die Beobachtung auf eine möglichst grosse Zahl von Individuen erstrecken konnte.

Die Samen wurden in grossen Porzellanschalen mit flachem Boden auf Filz gebaut, von dem sich die Würzelchen leicht ablösen lassen, was bei Verwendung von Filtrirpapier oft nicht der Fall ist. Die für die Prüfung auf Stärke reif befundenen Pflänzchen wurden mittelst einer Pincette und eines Holzstabes in mit Alkohol gefüllte eprouvettenartige Röhrchen von entsprechender Grösse aus dickwandigem Glase gebracht und diese dann verkorkt. Nachdem sich die grünen Cotyledonen vollständig entfärbt hatten (was ich, wenn nöthig, durch Wechsel des Alkohols beschleunigte), wurden die Stück für Stück mittelst einer Pincette von den anhängenden Samenschalen gereinigten Pflänzchen während 24 Stunden in Trinkgläsern mit Kalilauge digerirt, dann wiederholt mit Wasser und endlich (während 12 Stunden) mit Essigsäure ausgelaugt, abermals mit Wasser

from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biolog

gewaschen und schliesslich mit Jodtinctur wieder in die Röhren eingeschlossen [1]. Häufig verblasste im Laufe der Zeit die Jodlösung und wurde dann durch eine frische ersetzt. Die Zählung und Sortirung der Pflänzchen, entsprechend der Färbung ihrer Blättchen mit Jod, wurde in einer grossen Porzellanschale mittelst Nadel und Pincette bewerkstelligt. Dass diese Sortirung in dunkle und helle (zu diesen wurden auch die violett gefärbten gezählt) oft nur nach dem subjectiven Ermessen vorgenommen werden konnte, ist wohl selbstverständlich, da sich schwarze, dunkel- und hellbraune, dunkel- und hellviolette und solche, bei welchen nur die Spaltöffnungszellen Stärke enthielten, in allen möglichen Übergängen neben einander vorfanden. In zweifelhaften Fällen (ob dunkel oder violett) entschied ich stets zu Ungunsten meiner mir durch die erhaltenen Resultate aufgedrungenen Überzeugung.

Um möglichst viele Pflanzen unter völlig gleichen Verhältnissen in kohlensäurefreier Luft über Kalilauge ziehen zu können, liess ich mir Gestelle aus Eisendraht anfertigen, in welche fünf Porzellanschalen in entsprechender Entfernung über einander eingestellt werden konnten. Die mittlere Schale enthielt Kalilauge, die übrigen wurden mit den betreffenden Samen bestellt. Über das Gestell wurde auf einer Porzellanschale von geeignetem Durchmesser ein entsprechend grosser Glascylinder gestürzt und sein Inhalt mit Kalilauge abgesperrt. Um das Emporsteigen der Kalilauge zu verhindern, wurden Glascylinder und Gestellfüsse bis zur geeigneten Höhe mit geschmolzenem Paraffin überzogen. Solcher Apparate hatte ich vier. Zu den Versuchen im Dunkeln, welche gleichzeitig mit denen im diffusen und directen Sonnen-Lichte am Fenster gemacht wurden, benützte ich statt der Glascylinder solche aus Zinnblech.

[1] Bei der mikroskopischen Prüfung auf Stärke ist die Auslaugung von Schnitten mit Essigsäure nach deren Behandlung mit Kalilauge nicht gerade nothwendig. Wenn man jedoch mit grösseren Pflanzenmengen operirt, ist die Anwendung dieser von Sachs empfohlenen Verbesserung meiner Methode (Sitzungsb. d. kais. Akad. d. Wiss. 22. Bd. 1857) unerlässlich. Es lässt sich die Kalilauge aus dem vegetabilischen Zellgewebe mit Wasser nur sehr unvollständig entfernen, und bindet dann eine grosse Menge von Jod.

from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biolog

Zur Entscheidung der Frage, ob die in den Keimblättern der Versuchspflänzchen auftretende Stärke ein directes Assimilations- oder ein Umwandlungsproduct bereits vorhanden gewesener Reservestoffe sei, wurden die Pflänzchen unter Verhältnissen gezogen, bei denen sie unfähig sind, Kohlensäure zu zerlegen. Ein Blick auf die Tabellen zeigt, dass bei Culturen dieser Art die Cotylen nichts weniger als stärkefrei sind.

In erster Linie wichtig und für unsere Frage endgiltig entscheidend ist die Thatsache, dass die Keimblätter vergeilter Pflänzchen oft und zwar in so hohem Grade stärkehältig sind, dass sie mit Jod ganz schwarz werden. Ja, wenn die Pflänzchen bei geeigneten Temperaturen gezogen wurden, so sind Individuen, deren Samenlappen, die Spaltöffnungszellen ausgenommen, frei von Stärke sind, sogar ziemlich selten.

Die Umbildung von Öl in Stärke, ein in chemischer Beziehung noch räthselhafter Vorgang, ist bekanntlich eine sehr allgemeine Function chlorophylloser Zellen, so dass es uns meines Erachtens sehr befremden müsste, wenn gerade in den Keimblättern der Kresse, des Rettigs und des Leins eine solche Transmutation nicht stattfinden sollte.

Wie man aus den Tabellen ersieht, ist die Menge der Stärke in den Cotylen vergeilter gleichgrosser Keimpflänzchen der Kresse und des Rettigs sehr verschieden nach dem Alter, respective der Temperatur, bei welcher dieselben cultivirt wurden. In gleichen Entwicklungsstadien waren die bei mittlerer Temperatur gezogenen am stärkereichsten.

Werden vergeilte Keimpflanzen dem Lichte ausgesetzt, so ergrünen sie bekanntlich um so schneller und intensiver, je jünger sie sind [1]. Wurden die Pflänzchen erst dann ins Licht gebracht, als bei den Cotylen von 200—300 Individuen derselben Saat sich nur selten mehr Spuren von Stärke fanden, was stets nach vollendeter Keimung der Fall ist, so ergrünten bei vielen Pflänzchen die Keimblätter gar nicht mehr, bei den meisten nur sehr langsam und unvollständig, nicht selten jedoch

[1] Famintzin. Die Wirkung des Lichtes auf das Wachsen der keimenden Kresse. Mem. de l'Acad. de St. Petersbourg, tom. VIII, Nr. 15, p. 11—12, 1865.

from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biolog

auch ziemlich intensiv; es blieben aber vorerst alle stärkeleer und die Pflänzchen starben oft, ohne sich weiter zu entwickeln, nach kürzerer oder längerer Zeit [1].

Hinsichtlich ihrer weiteren Entwicklung ganz ähnlich verhalten sich Keimpflanzen, welche bei schwachem Lichte mit grünen Cotylen gezogen wurden.

Hat man sich durch Prüfung der Samenlappen von mindestens 100 solcher Pflänzchen gleicher Cultur und gleicher Entwicklung von dem Fehlen der Stärke überzeugt, so darf man sicher sein, dass die Chlorophyllkörner der übrigen, dem vollen Tageslichte ausgesetzten Schwesterpflanzen mindestens während 1—2 Tagen stärkeleer bleiben. Diese Resultate sehe ich als einen Beweis dafür an, dass die autochtone Stärkebildung in den Chlorophyllkörnern der Keimblätter von *Lepidium* und *Raphanus* keine sehr rapide sei.

Der Grund, warum die Genesis der gefundenen Stärke in den Keimblättern der Kresse und des Rettigs bisher nicht erkannt wurde, ist, wie schon hervorgehoben, in der Voraussetzung begründet, dass unter ganz gleichen Bedingungen cultivirte und sich äusserlich als identisch repräsentirende Pflänzchen auch im Stärkegehalte ihrer Cotylen nicht differiren würden. Auch ich ging mit dieser irrigen Überzeugung an die Arbeit und wurde durch sie lange in peinlicher Unklarheit erhalten. Die thatsächlichen Verhältnisse klären sich jedoch an der Hand meiner zahlreichen Versuche durch folgende Erwägung auf:

Als Zellwandbildner dienen den Keimlingen der Kresse, des Rettigs, des Leins etc. die in den Cotylen aufgespeicherten fetten Öle. Es müssen diese vorerst in ein uns vielleicht noch unbekanntes Kohlenhydrat umgeformt werden. Es kann nun

[1] Werden Kress- und Rettigpflänzchen von anscheinend gleicher Entwicklung, welche aber bei verschiedenen Temperaturen gezogen wurden, und von denen die einen erst 4, die anderen aber bereits 20 Tage alt sind, an gleichem Orte ins Licht gesetzt, so ergrünen die ersteren stets auffallend früher als die letzteren.

from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biolog

geschehen, dass diese Umbildung in eben dem Masse erfolgt, als Bildung und Wachsthum der Zellwände es erfordert; es kann aber auch sein, dass die Bedingungen für die Transmutation günstiger sind als für den Bau der Zellwände. Ob das Eine oder Andere der Fall ist, ist, wie die Versuche zeigen, offenbar theils von äusseren Bedingungen, theils von der speciellen Natur des betreffenden Pflanzenindividuums abhängig.

Werden Kresse- und Rettigpflänzchen, welche entweder im schwachen diffusen Tageslichte oder daneben im Dunkeln gezogen wurden, rechtzeitig dem vollen Tageslichte ausgesetzt, so zeigt sich nach 1—2 Tagen der Stärkegehalt ihrer Keimblätter den daneben eben so lange im Dunkeln gehaltenen Schwesterpflanzen gegenüber auffallend vermehrt. Es war dies bei den in einem kalten Raume cultivirten Pflanzen, deren Keimblätter relativ stärkearm sind, besonders auffallend.

Bei etwas flüchtiger Beurtheilung dieser Thatsache könnte man leicht zu dem voreiligen Schlusse geführt werden, dass dies eine Folge directer Assimilation von Kohlensäure sei [1]. Wie sehr man dabei fehl gehen würde, zeigt ein Parallelversuch über Kalilauge: Tabelle I. *A*. Sehr lehrreich und wohl jeden Zufall ausschliessend sind die in der Tabelle I *B* zusammengestellten Versuchsresultate: Die über Kalilauge im vollen Tageslichte gezogenen Pflänzchen waren ebenso stärkereich als die daneben im Freien cultivirten. Fast sämmtliche Cotylen wurden in beiden Fällen mit Jod dunkelbraun oder schwarz.

Diese leicht controllirbaren Thatsachen sind unwiderlegliche Beweise für die Behauptung, dass auch die Stärke, welche in den Samenlappen der ganz oder theilweise im vollen Tageslichte gezogenen Pflänzchen vor der vollendeten Keimung auftritt, nicht als Assimilations-, sondern als Umwandlungsproduct von schon vorhandenen Reservestoffen zu betrachten ist.

Dass diese Metamorphose nicht als directe Lichtwirkung aufzufassen sei, erhellt aus deren Stattfinden auch im Finstern.

[1] Bei der Methode vor und nach der Exposition nur das eine oder andere Blättchen zu untersuchen, liegt die Wahrscheinlichkeit einer Täuschung sehr nahe; ein Irrthum ist da sehr leicht möglich, ja ich möchte fast sagen berechtigt.

from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biolog

Während aber bei vergeilten Pflänzchen die eben gebildete Stärke unverzüglich mehr oder weniger vollständig in die hypocotylen Axentheile übergeführt und als Baustoff verwendet wird, speichert sich dieselbe in den im Lichte gezogenen Pflänzchen an ihrer Bildungsstätte in grosser Menge auf. Es ist dies eine nothwendige Folge der bekannten Thatsache, dass das Licht bei der grossen Mehrzahl der vegetabilischen Organismen hemmend einwirkt auf das Wachsthum und die Theilung der Zellen[1]. Recht lehrreich sind in dieser Beziehung die in Tabelle I *As* zusammengestellten Versuchsergebnisse. Die im Kalthause vom 23. December an im Finstern gezogenen Kressepflänzchen wurden am 7. Jänner, 10 Uhr Morgens ins Warmhaus übertragen und dort theils frei oder über Kalilauge dem Sonnenlichte exponirt, theils daneben am Fenster von einem Zinneylinder bedeckt. Ein Theil der Saat wurde, so lange die Gewächshäuser zugedeckt waren, von 4 Uhr Abends bis 9 Uhr Früh ins Kalthaus zurückversetzt, die übrigen blieben bis zum Schlusse des Versuches am 9. Jänner, 5 Uhr Abends im Warmhause. Während im ersteren Falle die grösste Zahl der Cotylen mit Jod dunkelbraun bis schwarz wurden, war dies nur bei wenigen der insolirten, auch Nachts über im Warmhause verbliebenen Individuen der Fall. Die Pflänzchen unter dem Zinneylinder wurden endlich ganz entstärkt.

Da bei günstiger Temperatur die Keimung im Dunkeln sehr rasch erfolgt, so schien es mir a priori nicht sehr unwahrscheinlich, dass dabei auch mehr Öl in ein gelöstes Kohlenhydrat umgewandelt werde, als momentan zum Zellbau verwendet werden kann. Würden die Pflänzchen dann in einen kalten Raum, wo die Zellwandbildung nur langsam erfolgt, versetzt werden, so würde sich dieses Kohlenhydrat vielleicht als Stärke abscheiden. Diese Voraussetzung erwies sich jedoch, wie aus den Tabellen III *B* ersichtlich ist, als eine irrige.

Nach dem Gesagten kann es uns, wie ich glaube, nicht mehr befremden, dass bei frei oder über Kalilauge im vollen

---

[1] Famintzin: Die Wirkung des Lichtes auf die Zelltheilung Melang. biolog. 13./25. März 1873.

from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biolog

Tageslichte gezogenen Pflänzchen bezüglich ihres Stärkegehaltes nicht der mindeste Unterschied obwaltet.

Für die Pflanzenphysiologie im Allgemeinen und bei speciellen Versuchen insbesonders, wie z. B. theilweise bei den vorliegenden, ist die Entscheidung der Frage: wie gross muss die Lichtintensität sein, durch welche eine grüne Pflanze zu den einzelnen, von der Lichtwirkung unmittelbar bedingten Lebensfunctionen angeregt wird, von grosser Wichtigkeit.

Die geringste Lichtmenge, welche eine sichtliche Wirkung auf Pflanzen ausübt, macht sich meines Wissens geltend bei heliotropischen Organen. Kressen, Linsen und Bohnen, welche in einen Kasten gezogen werden, krümmen sich einer Spalte zu, durch welche nicht so viel Licht dringt, als zum Ergrünen der Blättchen nothwendig ist.

Es ist eine allgemein bekannte Erscheinung, dass auf Kosten von Reservestoffen wachsende Pflanzen bei schwacher Beleuchtung wohl ergrünen, aber einen Habitus annehmen, welcher dem von vollständig vergeilten Pflanzen mehr weniger ähnlich ist. Dass bei einer derartigen Lichtstärke die grünen Organe der betreffenden Pflanzen noch keine Kohlensäure zerlegen können, ist wohl von vorneherein wahrscheinlich, wird auch allgemein behauptet [1], ist aber nicht direct bewiesen. Die Frage, wie gross die Lichtintensität sein müsse, um den Normalhabitus der Pflanzen zu bewirken, ist eine noch offene, und in Anbetracht der Unvollkommenheit unserer Photometrie auch schwer zu beantworten. Nahe aber liegt die Vermuthung, dass die betreffende Lichtstärke mit jener zusammenfalle, durch welche die Pflanze befähigt wird, Kohlensäure zu zerlegen. Auch hierüber sind meines Wissens bisher noch keine directen Versuche gemacht worden.

---

[1] In einer mir erst nach Vollendung des Manuscriptes zur Kenntniss gekommenen Abhandlung gibt Pfeffer in wenigen Worten eine treffliche Übersicht unserer bisherigen Kenntnisse über „die Production organischer Substanz in der Pflanze", in welcher auch das in Rede stehende Thema mit seltener Objectivität behandelt wird. Landwirthsch. Jahrb. von Nathusius & Thiel, 3. Bd. 1. Heft.

from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biolog

Im Anschlusse an die Versuche, welche meiner Abhandlung über die Respiration der Landpflanzen zu Grunde liegen, war ich seither bestrebt, mich in der oben angedeuteten Richtung zu orientiren. Die Methode für meine diesbezüglichen Versuche war durch folgendes Raisonnement bestimmt:

Werden Landpflanzen in eine sauerstofffreie Atmosphäre gebracht, so sterben sie nicht sofort, sondern schaffen sich die zu ihrer weiteren Lebensfunction unentbehrliche Kraft, wie dies zuerst von A. Mayer[1] in so scharfsinniger Weise für die Gährungspilze erschlossen wurde, durch „innere Athmung". Bringt man grüne Pflanzen oder Pflanzentheile in eine mit Wasser gefüllte Röhre, und verdrängt dann das Wasser durch sauerstofffreies in Kölbchen aus Zink, Wasser und Schwefelsäure entwickeltes Wasserstoffgas, so wird durch eine eingeführte Phosphorkugel eine relativ nicht unbedeutende Menge von Sauerstoff indicirt. Dass dieses Gas aus dem Wasser der Röhre und nicht aus dem Blatte stammt oder mit dem Wasserstoffe eingeführt wurde, wird dadurch erwiesen, dass man einerseits mit Wasser ohne Blatt operirt, und anderseits das Wasser durch Quecksilber ersetzt. In der nun mit Wasserstoff und dem Versuchsobjecte gefüllten Röhre wird sodann durch geeignetes Neigen der letzteren ein Theil des Gases durch Quecksilber ersetzt und der aus dem Wasser in das Wasserstoffgas diffundirte Sauerstoff durch eine Phosphorkugel entfernt. Will man letzteres vermeiden, so darf man den Apparat vor Einführung der Phosphorkugel nur eine gewisse, durch die Art und Grösse des Pflanzentheiles, die Grösse der Röhre und die herrschende Temperatur bestimmte Zeit stehen lassen. Alsdann hebt man mittelst eines geeigneten kleinen Glascylinders die Röhre aus der Quecksilberwanne, und stellt den Apparat an einen beliebigen Ort[2]. Im directen Sonnenlichte beginnt die für die An-

[1] Adolf Mayer, Untersuchungen über die alkoholische Gährung. Poggendorf Annal. Bd. 142, p. 393, und Landw. Versuchsstation; herausgegeben von Prof. Dr. F. Nobbe. Bd. 14, 1871.

[2] Im Zusammenhange mit dem Obigen will ich über einige nachträgliche Versuche in Betreff der kohlensäurezersetzenden Kraft des blauen Lichtes durch grüne Pflanzen referiren.

from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biolog

wesenheit von Sauerstoff charakteristische Rauchbildung schon nach 1—2 Minuten; bedeutend später, bisweilen erst nach 5—10 Minuten im hellen diffusen Tageslichte. Diese Rauchbildung unterblieb bei meinen Versuchen stets in der Mitte eines Zimmers, wo von einer das Auge selbst bei den feinsten Arbeiten anstrengenden Dunkelheit keine Rede sein konnte. Auch bei Versuchen mit Stämmchen von verschiedenen epidendritischen Laub- und Lebermoosen, welche „im tiefen Waldesdunkel" gewachsen waren, war das Resultat kein anderes. Dem entsprechend erfolgte in allen diesen Fällen eine Vergrösserung des Gasvolumens. Gegen den aus diesen Versuchen sich von selbst ergebenden Schluss, dass nämlich Licht von besagter Intensität die Pflanzen nicht befähige, Kohlensäure zu zerlegen, könnte man aber einwenden, dass sich dieselben in einer Mischung von Wasserstoff und (in unserem Falle von ihnen selbst bereiteter) Kohlensäure, einem solchen Lichte gegenüber

---

Bei meinen Versuchen über die Respiration lebender Pflanzen in reinem Wasserstoffgase fand ich, dass *Juglans*-Blätter unter der Einwirkung von blauem Lichte nicht anders fungiren, als im vollkommenen Dunkel. Ich habe im vorigen Sommer diese Versuche in der oben beschriebenen Form wiederholt; die hierbei erhaltenen Resultate veranlassen mich meine Ansicht theilweise zu modificiren.

Bei der spectroscopischen Untersuchung einer bestimmten Lösung von Kupferoxydammoniak gehen die Urtheile verschiedener Beobachter, ob bereits alles gelbe Licht vollständig absorbirt sei oder nicht, oft sogar ziemlich weit auseinander. Ich verfuhr daher bei der diesbezüglichen Prüfung so: Es wurde die Lösung in ein geschliffenes parallelepipedisches Fläschchen gefüllt und in ein anderes gleich grosses eine concentrirte Lösung doppelt chromsauren Kali. Erst dann, wenn bei abgehaltenem seitlichen Lichte das directe Sonnenlicht vollständig ausgelöscht wird, darf man überzeugt sein, dass die untersuchte Lösung bei der betreffenden Dicke der Schichte für rothes und gelbes Licht ganz impermeabel ist. Unter dem Einflusse derartigen Lichtes verhalten sich grüne Pflanzen der Kohlensäure gegenüber zweifellos so wie im Dunkeln. Auf Grundlage dieses Ergebnisses fällt es mir jedoch, besonders in Anbetracht des oben Vorgetragenen, nicht von Ferne bei, behaupten zu wollen, dass unter blauem Lichte gehöriger Intensität grüne Pflanzen der Fähigkeit entbehren, Kohlensäure zu zerlegen, zumal ja das Chlorophyll die Eigenschaft besitzt, in allen Theilen des Spectrums mit rothem Lichte zu fluoresciren.

from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biolog

vielleicht anders verhalten, als unter normalen Verhältnissen, also in einer sauerstoffhältigen Atmosphäre. Der directe Versuch beweist jedoch das Gegentheil. Schliesst man (in obiger Weise in Absorptionsröhren) möglichst gleiche Fiederblätter von *Juglans* in ganz gleiche Mengen atmosphärischer Luft oder bestimmter Mischungen von Wasserstoff und Sauerstoff ein und stellt die Apparate, die einen offen, die anderen daneben von einem undurchsichtigen Sturze bedeckt, im zerstreuten Tageslichte an einem (solchen) Orte auf, welcher für unser Auge noch mehr als genügend erleuchtet erscheint, so erfolgt in allen Röhren eine gleichmässige und endlich vollständige Consumtion des vorhandenen Sauerstoffes und sodann, und zwar fast überall gleichzeitig, eine Vergrösserung des Gasvolumens. Kleine Zeitdifferenzen in letzter Beziehung sind, wie eine grössere Versuchsreihe zeigt, nicht von der Beleuchtung, sondern von der Blattindividualität bedingt.

Eine im Allgemeinen und speciell für das dieser Abhandlung zu Grunde liegende Thema sehr wichtige Frage ist die: ob durch Kalilauge einem bestimmten Luftvolumen, welchem andauernd (in unserem Falle in Folge des Respirationsprocesses) eine geringe Menge von Kohlensäure zugeführt wird, diese Kohlensäure alsbald entzogen wird, so dass von grünen Pflanzen selbst im Sonnenlichte keine Zerlegung derselben bewirkt werden kann [1]? Wäre dieses nicht der Fall, so könnte recht wohl von einer unter einem Glassturze abgesperrten grünen Pflanze bei günstiger Beleuchtung Stärke aus exspirirter Kohlensäure gebildet werden. Die grüne Pflanze hat eben, im Gegensatze zum Thiere, die wunderbare Fähigkeit, sich die zur Vollziehung ihrer Lebensfunctionen nöthige, bei der Athmung frei werdende Spannkraft aus ihren eigenen verbrauchten Körpertheilen wieder zu erzeugen.

Obige Frage beantwortet sich durch den Versuch, jedoch im bejahenden Sinne. Lässt man während der lebhaften Rauchentwicklung in die Röhren der oben beschriebenen Apparate ein

[1] Die Behandlung dieser Frage an dieser Stelle dürfte durch die Methode ihrer Beantwortung gerechtfertigt sein.

from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biolog

Stückchen Kali [1] aufsteigen, so unterbleibt die Rauchbildung alsbald und beginnt gar nicht, wenn man dies gleich beim Beginne des Versuches macht [2].

Nachdem wir uns im Vorstehenden über die zur Zerlegung der Kohlensäure nothwendige Lichtintensität genauer unterrichtet haben, können wir nun wieder zu unserem oben verlassenen Thema über den Einfluss des Lichtes verschiedener Intensität auf die Stärkebildung in den Keimblättern der Kresse und des Rettigs zurückkehren.

Zieht man die Versuchspflänzchen an Stellen von verschiedener Beleuchtung, deren intensivste aber nicht hinreicht, die grünen Keimblätter zur Kohlensäurezerlegung zu befähigen, so fällt es vor Allem auf, dass die daneben gleichzeitig aber im Dunkeln gezogene Saat in ihrer Entwicklung auffallend voraus ist. Die Procentzahl der stärkereichen Exemplare war bei den in solchem Lichte gezogenen Kresspflänzchen stets namhaft grösser, als bei den ganz vergeilten.

In meiner Abhandlung über die Respiration von Landpflanzen habe ich gezeigt, dass *Juglans*-Blätter in sauerstofffreier Luft unfähig sind, mittelst Gaslicht Kohlensäure zu zersetzen.

---

[1] Das Emporsteigen der Kalilauge an der inneren Röhrenwand bis zu dem Versuchsobjecte wurde wie in anderen ähnlichen Fällen durch eine ringförmige Paraffinbrücke verhindert.

[2] Dieses Resultat hat mich recht überrascht. Ich hatte, und wie ich glaube, nicht ohne Grund vorausgesetzt, dass die von den grünen Pflanzen in Folge der „inneren Athmung“ entbundene Kohlensäure, theilweise wenigstens, alsogleich und jedenfalls früher, als bis dieselbe bis zur Kalilauge gesunken ist, zersetzt würde. Ich kann mir vorläufig das factische Gegentheil nur durch die Annahme erklären, dass bei meinen Versuchen sehr geringe Spuren von Kohlensäure mindestens in einer Wasserstoffatmosphäre nicht zerlegt werden. Ich verweise übrigens auf die zahlreichen Analysen, welche von Boussingault, Pfeffer und mir gemacht worden sind. Nur in im Ganzen relativ seltenen Fällen wurde nach der Insolation grüner Blätter in einem bestimmten sauerstofffreien oder sauerstoffhältigen Gasgemenge dieses frei von Kohlensäure gefunden. Sehr geringe Spuren von Kohlensäure sind übrigens bei der eudiometrischen Analyse gar nicht nachweisbar.

from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biolog

Dem kann ich als weiteres Versuchsresultat beifügen, dass die genannten Blätter in atmosphärischer Luft eingeschlossen unter Einwirkung obigen Lichtes so lange in normaler Weise respiriren, bis der vorhandene Sauerstoff verzehrt ist. Nachdem dies geschehen ist, erfolgt eine durch eingetretene innere Athmung bedingte Vergrösserung des Luftvolumens. In ganz gleicher Weise verhalten sich junge, im vollen Tageslichte gezogene Kresspflänzchen [1].

Während der verflossenen Weihnachtsferien habe ich im vollständig verdunkelten chemischen Laboratorium jene Versuche gemacht, deren Resultate sich in der Tabelle II verzeichnet finden. Sowie bei den meisten übrigen Culturen wurden die Kresspflänzchen auf Filz gezogen, welcher aber, um das Eintrocknen der Saat zu verhindern, mittelst Kork auf Wasser in Porzellantassen schwimmend erhalten wurde. Rings um den 16 Cm. hohen Kandelaber wurden vier solche Culturen aufgestellt; zwei blieben offen, zwei wurden von Gartentöpfen bedeckt. Bei einem von diesen wurde der Luftwechsel so viel als möglich gefördert, bei dem anderen gehemmt. Die Entfernung vom inneren, d. i. dem Kandelaber zugewendeten Rande der Porzellantassen bis zur Basis der Schmetterlingsflamme betrug 15 Cm. Ein auf die Mitte des Filzes gelegter Thermometer zeigte in den offenen Gefässen eine constante Temperatur von 22° C. Im gelüfteten Topfe betrug die Temperatur 24°, im geschlossenen hingegen 31° C. Die hypocotylen Stengel der offen gezogenen Pflänzchen zeigten keine Spur einer Vergeilung; ihre Cotylen wurden mit Jod fast alle dunkelschwarz. Die unter den Töpfen gewachsenen Keimlinge waren in ihrer Entwicklung den offen cultivirten weit voraus und ihre Cotylen in einem Falle sogar vollständig stärkefrei.

Diese Ergebnisse bekräftigen unsere, aus den Resultaten der Culturversuche über Kalilauge im vollen Tageslichte gezogenen Schlüsse und lehren, dass sich Kressen mit normalem

[1] Es fällt mir natürlich nicht ein auf Grundlage dieser Thatsache behaupten zu wollen, dass grüne Pflanzen bei künstlicher Beleuchtung überhaupt Kohlensäure nicht zerlegen können.

from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biolog

Habitus unter Einfluss eines Lichtes entwickeln, welches die Pflänzchen zur Zerlegung der Kohlensäure nicht befähigt.

Im Vorstehenden habe ich nur von den Versuchsresultaten mit Keimpflanzen der Kresse und des Rettigs gesprochen, jener von *Linum* jedoch mit keinem Worte gedacht. Der Grund hierfür ist sehr einfach. Von Keimblättern der zahlreichen *Linum*-Pflänzchen, welche ich bei sehr verschiedenen Temperaturen zog, blieben nach Behandlung mit Alkohol, Kalilauge, Essigsäure und Jodtinctur nur 3—4% mehr oder weniger blass, die übrigen färbten sich stets dunkelschwarz. Die Stärke erfüllt nicht nur das Mesophyll, sondern auch die Epidermiszellen der Keimblätter.

Auf mehrere im Obigen nur von Ferne tangirte Fragen hoffe ich ehethunlichst wieder zurückzukommen.

Durch die in vorliegender Abhandlung beschriebenen Versuche ist die Frage, zu deren Lösung dieselben gemacht wurden, in, wie ich glaube, bündiger und jeden Zweifel ausschliessender Weise beantwortet worden: Die in den Keimblättern junger Pflanzen der Kresse, des Rettigs und des Leins auftretende Stärke ist kein directes, durch unmittelbare Zerlegung von Kohlensäure gebildetes Assimilations-, sondern ein Umwandlungsproduct von bereits in ihnen vorhandener Reservenahrung. — Die speciellen Beweise für die Richtigkeit dieser Behauptung sind durch folgende Versuchsresultate geliefert:

1. Es erfolgt in den Cotylen der genannten Pflanzen auch Stärkebildung im Dunkeln.

2. In den Cotylen der im Dunkeln oder im schwachen Tageslichte gezogenen Keimpflanzen von *Lepidium sativum* und *Raphanus sativus* (Monatrettig) wird der Stärkegehalt allerdings sehr gesteigert, wenn die Keimpflänzchen rechtzeitig vor vollendeter Keimung dem vollen Tages- oder directen Sonnenlichte ausgesetzt werden; dies geschieht aber auch, wenn die Pflänzchen in kohlensäurefreier Luft insolirt werden.

from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biolog

3. Die Cotylen von Keimpflanzen, welche auf feuchtem Filze im directen Sonnenlichte über Kali'auge cultivirt werden, färben sich, rechtzeitig geerntet, mit Jod meist ganz schwarz.

Dass die Stärke in diesen Fällen nicht vielleicht durch Assimilation der von den Versuchspflanzen exspirirten Kohlensäure (vor deren Absorption seitens der Kalilauge) gebildet werden konnte, wird dadurch bewiesen, dass die Rauchbildung, welche erfolgt, wenn grüne Blätter mit einer Phosphorkugel auf Platindraht in reinem Wasserstoffgase eingeschlossen, dem vollen Tages- oder directen Sonnenlichte ausgesetzt werden, allsogleich nach Einlass von Kalilauge unterbleibt.

4. Keimblätter von Kress- und Rettig-Pflänzchen, welche man im diffusen Tageslichte, durch dessen Intensität sie aber erwiesenermassen zur Kohlensäurezerlegung nicht befähigt werden, gezogen hat, sind in gleichen Entwicklungsstadien viel stärkereicher, als die im Dunkeln gezogenen Schwesterpflanzen.

5. Bei Gaslicht können grüne Pflanzen die Kohlensäure nicht zerlegen. — Keimblätter von Kresspflänzchen, welche bei Gaslicht cultivirt wurden, werden, rechtzeitig gesammelt, mit Jod ganz schwarz. Die hypocotylen Stengel der im Gaslichte gezogenen Pflänzchen zeigen keine Spur einer Vergeilung, ja sie sind im Gegentheile kürzer, als bei gleich alten und bei annähernd gleicher Temperatur an einem südseitigen Fenster cultivirten.

6. Dass die Cotylen der im Lichte gezogenen Keimpflanzen der Kresse und des Rettigs stärkereicher sind, als die der gleichzeitig bei gleicher Temperatur im Dunkeln gezogenen, ist offenbar durch die hemmende Wirkung des Lichtes auf die Zellwandbildung bedingt. Bei den etiolirten Pflanzen wird das aus dem vorhandenen Öle gebildete Kohlenhydrat in der Regel alsbald ganz oder theilweise als Baustoff verwendet, bei den im Lichte gezogenen hingegen vorläufig als Stärke deponirt.

7. Licht, welches zu schwach ist, um Chlorophyllbildung zu veranlassen, bewirkt schon heliotropische Krümmung. Die Lichtintensität, unter deren andauernder Einwirkung sich Keimpflanzen auf Kosten ihrer Reservestoffe habituell normal

from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biolog

entwickeln können, ist geringer als die zur Zerlegung von Kohlensäure durch grüne Blätter erforderliche.

Tabellen.

Versuche mit *Lepidium sativum*.

I. Über den Einfluss von Licht und kohlensäurefreier Luft auf die Stärkebildung in den Keimblättern.

A. Im Dunkeln gezogen, dann frei oder über Kalilauge oder unter dem Zinncylinder ans Fenster gestellt.

α) Im Warmhause bei einer Temperatur von 18—25° C. cultivirt.

Beleuchtung und Culturzeit		Frei oder über Kalilauge	Zahl der untersuchten Pflanzen	Procentzahl der mit Jod dunkel gef. Cotylen	Anmerkungen
Dunkel	Hellschatten				
6.—10. Dec.	—	—	291	16·2	Nur wenige sind ganz stärkefrei
„	Am 11. Dec.	frei	234	22·4	
22.—26. Dec.	—	—	240	29·0	Nur wenige sind stärkefrei
22.—28. Dec.	—	—	274	5·0	Viele sind ganz stärkefrei
22.—27. Dec.	Am 28. Dec.	frei	304	2·7	Die Keimblätter waren gelblichgrün
„	„	Kali.	286	3·1	
22.—29. Dec.	—	—	211	1·3	Die meisten Cotylen sind ganz stärkefrei
22.—27. Dec.	28. u. 29. Dec.	frei	244	1·8	Die Keimblätter waren blassgrün und meist ganz stärkefrei
„	„	Kalil.	218	2·4	

β) Im Kabinete in einem Kasten neben der Meissner'schen Luftheizung vom 15. December Abends bis 20. December 12 Uhr gezogen und dann im chemischen Laboratorium ans Fenster

from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biolog

gestellt. Die Temperatur variirte im Kasten von 15—31°, im Zinncylinder von 17—18° und im Glascylinder von 19—34° C.

Beleuchtung	Culturzeit	Frei oder über Kalilauge	Zahl der untersuchten Pflanzen	Procentzahl der mit Jod dunkel gef. Cotylen	Anmerkungen
Im Kasten	15.—20. Dec.	—	411	23	Nur wenige sind ganz stärkefrei
Unter dem Zinncylinder	Bis 21. Dec. 4 Uhr	—	257	28	
Sonne	„	frei	194	43	Die Keimblätter sind schön grün
„	„	Kalil.	217	37	
Unter dem Zinncylinder	Bis 22. Dec. 4 Uhr	—	263	14	Viele Cotylen sind stärkefrei
Sonne	„	frei	302	52	Kein einziger Samenlappen ist ganz stärkefrei
„	„	Kalil.	235	56	

7) Im Gaszimmer bei einer Temperatur von 7—9° C. vom 4. bis 20. December 12 Uhr im Dunkeln gezogen und dann im chemischen Laboratorium ans Fenster gestellt.

Beleuchtung	Culturzeit	Frei oder über Kalilauge	Zahl der untersuchten Pflanzen	Procentzahl der mit Jod dunkel gef. Cotylen	Anmerkungen
Im Gaszimmer	4.—20. Dec.	—	236	11	Nur sehr wenige sind ganz stärkefrei
Unter dem Zinncylinder	Bis 21. Dec. 4 Uhr	—	181	16	
Sonne	„	frei	227	41	Die Keimblätter sind schön grün
„	„	Kalil.	286	36	
Unter dem Zinncylinder	Bis 22. Dec. 4 Uhr	—	167	13	
Sonne	„	frei	229	34	
„	„	Kalil.	271	38	

from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biolog

δ) Im Kalthause bei einer Temperatur von 5—6° C. vom 3. bis 12. December 12 Uhr im Dunkeln gezogen und dann im Warmhause bei abgehaltenem directen Sonnenlichte (also im Hellschatten) ans Fenster gestellt.

Beleuchtung	Culturzeit	Frei oder über Kalilauge	Zahl der untersuchten Pflanzen	Procentzahl der mit Jod dunkel gef. Cotylen	Anmerkungen
Im Kalthause	3.—22. Dec.	—	231	5	Nicht ein Stück ist ganz schwarz. Die meisten sind hellviolett
Unter dem Zinncylinder	Bis 23. Dec. 4 Uhr	—	174	4	
Hellschatten	„	frei	219	7	Die Keimblätter sind schön grün
„	„	Kalil.	186	5	
Unter dem Zinncylinder	Bis 24. Dec. 3 Uhr	—	197	3	Nicht ein Stück ist schwarz. Die meisten sind stärkefrei
Hellschatten	„	frei	204	14	Die meisten sind stärkefrei
„	„	Kalil.	186	12	

ε) Im (schwach) geheizten Kalthause bei einer Temperatur von 6—10° C. vom 23. December bis 7. Jänner 10 Uhr Morgens im Dunkeln gezogen und bis zum 9. Jänner 5 Uhr Abends im Warmhause ans Fenster gestellt. Die mit * bezeichneten wurden so lange als die Gewächshäuser gedeckt waren, wieder ins Kalthaus zurückversetzt.

from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biolog

Beleuchtung	Frei oder über Kalilauge	Zahl der untersuchten Pflanzen	Procentzahl der mit Jod dunkel gef. Cotylen	Anmerkung
Im Kalthause	—	239	23	
Unter dem Zinncylinder	—	266	0	Nur sehr wenige sind hellviolett
Sonne	frei	288	17	
„	Kalil.	224	11	
Unter dem Zinncylinder*	—	274	4	
Sonne *	frei	250	76	
„ *	Kalil.	320	83	

B. Die ganze Zeit über unter dem Zinncylinder, frei oder über Kalilauge cultivirt.

α) Im Warmhause am Fenster, bei abgehaltenem directen Sonnenlichte.

Beleuchtung	Culturzeit	Frei oder über Kalilauge	Zahl der untersuchten Pflanzen	Procentzahl der mit Jod dunkel gef. Cotylen
Unter d. Zinncylinder	20.—25. Dec.	—	219	17
Hellschatten	20.—26. Dec.	frei	246	77
„	„	Kalil.	212	96
Sonne	20.—27. Dec.	frei	261	68
„	„	Kalil.	270	82
Unter d. Zinncylinder	20.—30. Dec.	—	294	0
Hellschatten	„	frei	183	59
„	„	Kalil.	207	46
Sonne	„	frei	147	61
„	„	Kalil.	209	35

from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biolog

β) Im chemischen Laboratorium, theils im Dunkelschatten, theils im directen Sonnenlichte.

Beleuchtung	Culturzeit	Frei oder über Kalilauge	Zahl der untersuchten Pflanzen	Procentzahl der mit Jod dunkel gef. Cotylen	Anmerkungen
Unter dem Zinncylinder	24.—29. Dec.	—	304	40	Nur sehr wenige sind ganz stärkefrei
Dunkelschatten	24.—30. Dec.	frei	325	82	
„	„	Kalil.	345	91	Nur wenige sind ganz schwarz
Sonne	24.—31. Dec.	frei	250	85	Die meisten sind dunkelschwarz
„	„	Kalil.	335	84	

II. Uber den Einfluss von Licht, bei welchem keine Zersetzung der Kohlensäure durch grüne Blätter bewirkt wird (Dunkelschatten) auf die Stärkebildung in den Keimblättern der Kresse.

Die Keimblätter der offen gezogenen Pflänzchen waren nur gelblichgrün; die gar nicht ergrünten wurden entfernt.

Culturort u. Beleuchtung	Culturzeit	Zahl der untersuchten Pflanzen	Procentzahl der mit Jod dunkel gef. Cotylen
Gaslicht	28. Dec. bis 2. Jänn.	398	84 fast alle schwarz
„	28. Dec. bis 3. Jänn.	357	89 fast alle schwarz
Daneben unter einem gelüfteten Topfe. T=22° C.	28. Dec. bis 2. Jänn.	346	43
Daneben unter einem nicht gelüfteten Topfe. T=31° C.	28.—31. Dec.	311	0
Cabinet, hinten an d. Wand, offen. T=15—29° C.	24.—29. Dec.	396	76
Ebenda, unter einem Topfe	„	229	49

from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biolog

Culturort u. Beleuchtung	Culturzeit	Zahl der untersuchten Pflanzen	Procentzahl der mit Jod dunkel gef. Cotylen
Cabinet, halb verdunkelt, offen. $T = 15—29°$ C.	31. Dec. bis 4. Jänn.	231	53
Ebenda unter einem Topfe	„	258	42
Gaszimmer, offen. $T = 7—90°$ C.	22. Dec. bis 13. Jänn.	269	79
Ebenda, unter einem Topfe	„	238	19

III. Über den Einfluss der Temperatur auf die Stärkebildung in den Keimblättern der im Dunkeln gezogenen Kresspflänzchen.

A. Blieben während der ganzen Culturzeit an derselben Stelle.

Culturort u. Temperatur	Culturzeit	Zahl der untersuchten Pflanzen	Procentzahl der mit Jod dunkel gef. Cotylen
Warmhaus. $T = 18—25°$ C.	6.—10. Dec.	291	16
„ „	6.—10. Dec.	791	20
„ „	22.—26. Dec.	240	29
Ebenda, am Fenster unter dem Zinncylinder	20.—25. Dec.	219	17
Chemisches Laboratorium. $T = 17—28°$ C.	24.—29. Dec.	304	40
Cabinet. $T = 15—31°$ C.	7.—14. Nov.	221	75
„ „	11.—17. Nov.	309	51
„ „	5.—11. Dec.	268	57
„ „	15.—20. Dec.	411	23
„ $T = 15—29°$ C.	24.—29. Dec.	229	49
„ „	31. Dec.—4. Jänn.	258	41

from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biolog

Culturort u. Temperatur	Culturzeit	Zahl der untersuchten Pflanzen	Procentzahl der mit Jod dunkel gef. Cotylen
Schreibzimmer. $T=9-10°$ C.	5.—18. Dec.	396	47
Gaszimmer. $T=7-9°$ C.	4.—20. Dec.	236	11
„ „	22. Dec.—13. Jänn.	238	19
Kalthaus. $T=5-6°$ C. *	11.—24. Nov.	318	15
„ „	11. Nov.—1. Dec.	330	25
„ „	3.—22. Dec.	231	5
„ $T=6-9°$ C.	23. Dec.—7. Jänn.	239	23

* Es wurden nur die entwickelteren Pflänzchen gesammelt.

B. Wurden zuerst in einem relativ warmen Orte *a)* gezogen und dann in einen kalten Raum *b)* gestellt.

Culturort *a)*	Culturzeit in *a)*	Culturort *b)*	Culturzeit in *b)*	Zahl der untersuchten Pflanzen	Procentzahl der mit Jod dunkel gef. Cotylen
Warmhaus. $T=18-25°$ C.	6.—10.Dec.	—	—	791	20
„	„	Kalthaus. $T=5-6°$ C.	10.—12.Dec.	561	15
Cabinet. $T=15-31°$ C.	5.—11.Dec.	—	—	268	57
„	„	Schreibzimmer. $T=9-10°$ C.	11.—13.Dec.	287	61
„	„	Gaszimmer. $T=7°$ C.	11.—13.Dec.	244	69
Cabinet $T=15-31°$ C.	31. Dec. bis 4. Jänn.	=	—	258	41
„	„	Schreibzimmer. $T=9-10°$ C.	4.—6. Jänn.	284	33
„	„	Gaszimmer. $T=7°$ C.	4.—6. Jänn.	213	28

from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biolog

Versuche mit *Raphanus sativus*.

I. Über den Einfluss von Licht und kohlensäurefreier Luft auf die Stärkebildung in den Keimblättern.

A. Im Dunkeln gezogen, dann frei oder über Kalilauge oder unter Zinncylinder ans Fenster gestellt.

α) Im Warmhause bei einer Temperatur von 18—25° C. cultivirt.

Beleuchtung und Culturzeit		Frei oder über Kalil.	Zahl der untersuchten Pflanzen	Procentzahl der mit Jod dunkel gef. Cotylen
Dunkel	Hellschatten			
5.—10. Dec.	—	—	221	32
„	10.—12. Dec.	frei	186	79

β) Im Kabinete in einem Kasten neben der Meissner'schen Luftheizung vom 15. December Abends bis 20. December 12 Uhr gezogen und dann im chemischen Laboratorium ans Fenster gestellt. Die Temperatur variirte im Kasten von 15—31°, im Zinkcylinder von 17—28° und im Glascylinder von 19—34° C.

Beleuchtung	Culturzeit	Frei oder über Kalil.	Zahl der untersuchten Pflanzen	Procentzahl der mit Jod dunkel gef. Cotylen
Im Kasten	15.—20. Dec.	—	227	69
Unter dem Zinncylinder	Bis 21. Dec. 4 Uhr	—	196	46
Sonne	„	frei	203	78
„	„	Kalil.	189	73
Unter dem Zinncylinder	Bis 22. Dec. 4 Uhr	—	177	30
Sonne	„	frei	192	64
„	„	Kalil.	153	76

from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biolog

γ) Im Gaszimmer bei einer Temperatur von 7—9° C. vom 4.—23. December 11 Uhr cultivirt und dann im chemischen Laboratorium ans Fenster gestellt.

Beleuchtung	Culturzeit	Frei oder über Kalil.	Zahl der untersuchten Pflanzen	Procentzahl der mit Jod dunkel gef. Cotylen
Im Gaszimmer	4.—23. Dec.	—	192	28
Unter dem Zinncylinder	Bis 24. Dec. 4 Uhr	—	181	30
Sonne	„	frei	167	55
„	„	Kalil.	175	42
Unter dem Zinncylinder	Bis 25. Dec. 4 Uhr	—	136	44
Sonne	„	frei	122	74
„	„	Kalil.	134	82

δ) Im Kalthause bei einer Temperatur von 5—6° C. vom 6. bis 27. December $^1/_2$9 Uhr Morgens im Dunkeln gezogen und dann im Warmhause bei abgehaltenem directen Sonnenlichte (also im Hellschatten ans Fenster gestellt).

Beleuchtung	Culturzeit	Frei oder über Kalil.	Zahl der untersuchten Pflanzen	Procentzahl der mit Jod dunkel gef. Cotylen
Im Kalthause	6.—27. Dec.	—	174	12
Unter dem Zinncylinder	Bis 28. Dec. 4 Uhr	—	184	17
Hellschatten	„	frei	161	25
„	„	Kalil.	209	10

from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biolog

B. Die ganze Zeit über unter dem Zinncylinder, frei oder über Kalilauge cultivirt.

α) Im Warmhause am Fenster, bei abgehaltenem directen Sonnenlichte.

Beleuchtung	Culturzeit	Frei oder über Kalil.	Zahl der untersuchten Pflanzen	Procentzahl der mit Jod dunkel gef. Cotylen
Unter dem Zinncylinder	22.—29. Dec.	—	228	29
Hellschatten	„	frei	246	68
„	„	Kalil.	267	72

β) Im chemischen Laboratorium, theils im Dunkelschatten, theils im directen Sonnenlichte.

Beleuchtung	Culturzeit	Frei oder über Kalil.	Zahl der untersuchten Pflanzen	Procentzahl der mit Jod dunkel gef. Cotylen
Unter dem Zinncylinder	24.—31. Dec.	—	194	38
Dunkelschatten	„	frei	242	61
„	„	Kalil.	248	56
Sonne	24. Dec. — 2. Jänn.	frei	207	86
„	„	Kalil.	230	89

II. Über den Einfluss von Licht, bei welchem keine Zersetzung der Kohlensäure durch grüne Blätter bewirkt wird (Dunkelschatten) auf die Stärkebildung in den Keimblättern des Rettigs.

NB. Die Keimblätter der offen gezogenen Pflänzchen waren nur blassgrün, die gar nicht ergrünten wurden entfernt.

from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biolog

Culturort u. Beleuchtung	Culturzeit	Zahl der untersuchten Pflanzen	Procentzahl der mit Jod dunkel gef. Cotylen
Cabinet, hinten an der Wand, offen. $T = 15—29°$ C.	24.—31. Dec.	268	53
Ebenda, unter einem Topfe	„	242	47
Cabinet, halb verdunkelt, offen. $T = 15—29°$ C.	31. Dec. — 7. Jänn.	214	46
Ebenda, unter einem Topfe	„	195	58
Gaszimmer, offen. $T = 7—9°$ C.	22. Dec.—20. Jänn.	191	53
Ebenda, unter einem Topfe	„	229	34

III. Über den Einfluss der Temperatur auf die Stärkebildung in den Keimblättern der im Dunkeln gezogenen Rettigpflänzchen.

A. Blieben während der ganzen Culturzeit an derselben Stelle.

Culturort u. Temperatur	Culturzeit	Zahl der untersuchten Pflanzen	Procentzahl der mit Jod dunkel gef. Cotylen
Warmhaus. $T = 18—25°$ C.	12.—16. Nov.	86	20
„ „	12.—17. Nov.	74	11
„ „	5.—10. Dec.	221	32
„ „	6.—12. Dec.	166	12
Ebenda, unter dem Zinncylinder	22.—29. Dec.	228	29

from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biolog

Culturort u. Temperatur	Culturzeit	Zahl der untersuchten Pflanzen	Procentzahl der mit Jod dunkel gef. Cotylen
Chemisches Laboratorium. $T = 17-27°$ C.	24.—31. Dec.	194	38
Cabinet. $T = 15-31°$ C.	7.—15. Nov.	81	79
„ „	11.—19. Nov.	68	86
„ „	11.—24. Nov.	59	21
„ „	6—12. Dec.	209	42
„ „	15.—20. Dec.	227	69
Cabinet. $T = 15-29°$ C.	24.—31. Dec.	242	47
„ „	31. Dec. — 7. Jänn.	195	58
Schreibzimmer. $T = 9-10°$ C.	5.—20. Dec.	272	49
Gaszimmer. $T = 7-9°$ C.	4.–23. Dec.	192	28
„ „	22. Dec. bis 20. Jänn.	229	34
Kalthaus. $T = 5-6°$ C.*	11.—24. Nov.	111	28
„ „	11. Nov. — 1. Dec.	97	23
„ „	6.—27. Dec.	174	12

* Es wurden nur die entwickelteren Pflänzchen gesammelt.

B. Wurden zuerst in einem relativ warmen Orte *a)* gezogen und dann in einen relativ kalten Raum *b)* gestellt.

from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biolog

Culturort *a)*	Culturzeit in *a)*	Culturort *b)*	Culturzeit in *b)*	Zahl der untersuchten Pflanzen	Procentzahl der mit Jod dunkel gef. Cotylen
Warmhaus. $T=18-25°$ C.	6.—12.Dec.	—	—	166	12
„	6.—12.Dec.	Kalthaus $T=5-6°$ C.	12.—14.Dec.	193	15
Cabinet. $T=15-31°$ C.	6.—12.Dec.	—	—	209	42
„	6.—12.Dec.	Schreibzimmer. $T=9-10°$ C.	12.—14.Dec.	177	35
„	6.—12.Dec.	Gaszimmer. $T=7°$ C.	12.—14.Dec.	201	64